

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-163406

(43)公開日 平成6年(1994)6月10日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/20		9171-4M		
21/26	L	8617-4M		
21/268	B	8617-4M		
H 0 1 S 3/00	A	8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数6(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-330914

(22)出願日 平成4年(1992)11月17日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 森 孝二

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 近藤 信昭

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 楠 雅統

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

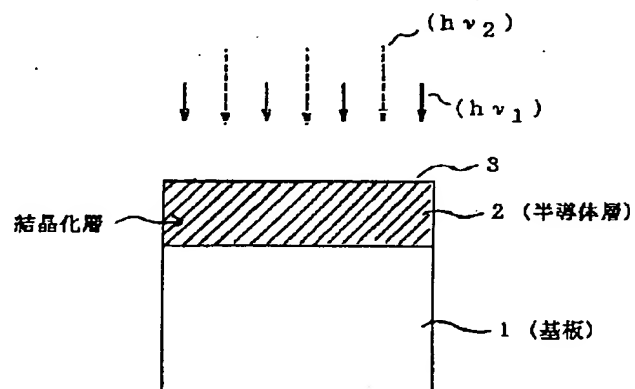
(74)代理人 弁理士 植本 雅治

(54)【発明の名称】 光源装置並びにそれを用いた材料製造装置および材料製造方法

(57)【要約】

【目的】 半導体などの材料を均一かつ良好に結晶化させ、また、安定性、信頼性を高く結晶化させることが可能である。

【構成】 半導体層2のエネルギーバンドギャップ E_g よりもかなり大きな光エネルギー($h\nu_1$)の光と、光エネルギー($h\nu_1$)よりも小さいが半導体層2のエネルギーバンドギャップ E_g とほぼ同じか E_g よりも大きな光エネルギー($h\nu_2$)の光との2種類の光($h\nu_1$, $h\nu_2$)を光源装置から出射する。この場合、光エネルギー($h\nu_1$)の光により、半導体層2の照射側の最表面を溶融できる。また、光エネルギー($h\nu_2$)の光は、半導体層2の内部にまで透過できるため、その波長(λ_2)と半導体層2の膜厚とを適宜調整して、基板1の近傍まで半導体層2内部を溶融できる一方で、基板1自体には熱的ダメージを与えずに済む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の材料を光照射して該材料を溶融し結晶化するのに用いられる光源装置であって、前記材料のエネルギーバンドギャップよりも大きな複数種類の光エネルギーの光を出射するようになっていることを特徴とする光源装置。

【請求項2】 請求項1記載の光源装置において、前記複数種類の光エネルギーの光は、複数種類の光源からそれぞれ出射されるようになっていることを特徴とする光源装置。

【請求項3】 請求項1記載の光源装置において、所定の光エネルギーの光を出射する光源と、該光源からの光を波長変換する波長変換素子とを有し、前記複数種類の光エネルギーの光は、前記光源と前記波長変換素子とからそれぞれ出射されるようになっていることを特徴とする光源装置。

【請求項4】 請求項1記載の光源装置が用いられ、該光源装置から出射された複数種類の光エネルギーの光の照射によって、所定の材料を溶融し、結晶化するようになっていることを特徴とする材料製造装置。

【請求項5】 所定の材料を光照射して該材料を溶融し結晶化させる材料製造方法であって、複数種類の光エネルギーの光を光源装置から同時に照射させ、該複数種類の光エネルギーの光を前記材料に同時に照射することを特徴とする材料製造方法。

【請求項6】 所定の材料を光照射して該材料を溶融し結晶化させる材料製造方法であって、複数種類の光エネルギーの光を光源装置から所定の時間差をもって照射させ、該複数種類の光エネルギーの光を前記材料に所定の時間差をもって照射することを特徴とする材料製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体などの材料を溶融し結晶化する場合などに用いられる光源装置並びにそれを用いた材料製造装置および材料製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、半導体材料を溶融し結晶化する1つの方法として、例えば特開昭62-36854号、特開平2-177443号に開示されているように、光源にエキシマレーザを用い、アモルファスシリコン膜(a-Si膜)を1種類のレーザ光で結晶化する方法が知られている。また、他の方法として、CO₂レーザ(波長10μm)のような長波長レーザを用いて、シリコン(Si)を溶融、結晶化する方法が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、1種類のレーザ光で結晶化を行なう方法では、基板材料および被結晶化層の条件をかなり適正なものに決めないと、良好な結晶化並びに不純物拡散を行なうことができないと

いう問題があった。特に、被結晶化層は、その厚さが1000Å以上となると、レーザ光の照射側表面とこれと反対側の基板側表面とで溶融、結晶化の速度が異なるため、膜厚方向において均一な結晶化および不純物拡散を行なうことができないという欠点があった。

【0004】 また、CO₂レーザのような長波長レーザを用いて溶融、結晶化を行なう方法では、長波長のレーザ光が薄膜から基板まで透過して、基板に対して熱的ダメージを与え、薄膜の溶融、結晶化時の熱膨張差などによって膜はがれを生じさせたり、内部応力が蓄積したりして、安定性、信頼性に欠けるという問題があった。

【0005】 本発明は、上述した従来の欠点を克服し、半導体などの材料を均一かつ良好に結晶化させ、また、安定性、信頼性を高く結晶化させ、さらには、これに伴って、不純物をも均一かつ良好に拡散させることの可能な光源装置並びにそれを用いた材料製造装置および材料製造方法を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明は、半導体などの材料を光照射によって結晶化させる際、この材料のエネルギーバンドギャップよりも大きい光エネルギーをもつ少なくとも2種類の光を用いることを特徴としている。図1は2種類の光を用いて被結晶化層としての材料を結晶化する本発明の結晶化のモデルを示す図である。なお、本発明による結晶化と対比させるため、1種類の光を用いて材料を結晶化する従来の結晶化のモデルを図2に示した。なお、図1、図2において、被結晶化層としての材料、例えば半導体層2は基板1上に予め形成されている。先づ、図2を参照すると、従来の結晶化では、半導体層2のエネルギーバンドギャップE₂よりもかなり大きな1種類の光エネルギー(hν₁)を用いるため、すなわち、エネルギーバンドギャップE₂よりも十分に大きな光エネルギー(hν₁)をもつ光を出射する光源が通常用いられているため、半導体層2の最表面でのみ結晶化がなされ、照射時間を増加させても半導体層2全体を均一に結晶化することは極めて難しい。これに対し、図1を参照すると、本発明による結晶化では、半導体層2のエネルギーバンドギャップE₂よりもかなり大きな光エネルギー(hν₁)の光と、光エネルギー(hν₂)よりも小さいが半導体層2のエネルギーバンドギャップE₂とほぼ同じかE₂よりも大きな光エネルギー(hν₂)の光との2種類の光(hν₁, hν₂)を出射する光源装置を用いている。すなわち、hν₁ > hν₂ ≥ E₂の関係を満たす2種類の光(hν₁, hν₂)を出射する光源装置を用いている。この場合、光エネルギー(hν₁)の光により、半導体層2の光照射側の最表面を溶融することができる。また、光エネルギー(hν₂)の光は、半導体層2の内部にまで透過することができるため、その波長(ν₂)と半導体層2の膜厚とを適宜調整することにより(例え

ば、光エネルギー ($h\nu_1$) の光が基板1の近傍には達するが、基板1にまでは透過しないように調整することにより、基板1の近傍まで半導体層2内部を溶融することができ一方で、基板1自体には熱的ダメージを与えずに済む。

【0007】従って、光エネルギー ($h\nu_1$) の光と光エネルギー ($h\nu_2$) の光とを同時に照射することにより、半導体層2に対し、最表面が溶融した状態と、内部が溶融した状態とを同時に実現することができ、半導体層2全体を基板1の近傍まで均一に結晶化することができる。また、この際、基板1に対して熱的ダメージを与えずに済み、半導体層2全体に熱が加わることにより、安定性、信頼性の高い結晶化を行なうことができる。

【0008】また、上記2種類の光を同時に照射するのではなく、互いに時間をずらして照射するようにしても良い。図3(a)乃至(d)は2種類の光を時間をずらして照射する場合の結晶化の様子を示す図である。この場合、図3(a)に示すように、先づ、エネルギーの小さい方の光、すなわち光エネルギー ($h\nu_1$) の光を先づ照射する。この結果、半導体層2は、図3(b)に示すように、最初、基板1の近傍付近まで全体が溶融し、しかる後、光照射側の最表面3から固化(結晶化)が始まる。この際、図3(c)に示すように、光エネルギー ($h\nu_2$) の光を照射した後、少し遅れて、エネルギーの高い光、すなわち光エネルギー ($h\nu_1$) の光を照射すると、半導体層2の固化し始めた最表面3が再び溶融する。この結果、図3(d)に示すように、最終的に半導体層2全体にわたり、結晶粒はより均一なものとなる。換言すれば、光エネルギー ($h\nu_1$) の光と光エネルギー ($h\nu_2$) の光とを所定の時間差をもって照射することにより、より均一な結晶化を行なうことができる。

【0009】なお、上記モデル図では、2種類の光を用いてアニールを行なったが、さらに多くの種類の光、例えば、 $E_1 \leq h\nu_1 < h\nu_2 < h\nu_3$ の関係を満たすような3種類の光 ($h\nu_1$, $h\nu_2$, $h\nu_3$) を用いてアニールを行なうこともできる。

【0010】また、被結晶化層、すなわち材料2を半導体層としたが、他の材料、例えば、ビスマス(Bi) や アンチモン(Sb) などの半金属を溶融し結晶化する場合にも本発明を適用することができる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図4は本発明に係る光源装置の第1の実施例の構成図である。この第1の実施例の光源装置21は、光エネルギー ($h\nu_1$) の光を照射する第1の光源22と、光エネルギー ($h\nu_2$) の光を出射する第2の光源23と、第1の光源22および第2の光源23の駆動制御を行なう制御部24と、ミラー25と、ビームスプリッタ26とを有している。ここで、第1の光源22として

は、例えば、波長 λ_1 が150~350nmの範囲の光エネルギー ($h\nu_1$) の光を出射するエキシマレーザが用いられ、また、第2の光源23としては、例えば、波長 λ_2 よりも長波長の光エネルギー ($h\nu_2$) の光を出射するArレーザが用いられる。また、制御部24は、例えば、第1の光源22および第2の光源23をパルス駆動し、その際、そのパルス幅およびパルス間隔、さらには光のエネルギー強度等を制御するようになっている。

【0012】図5は図4の光源装置21を用いた材料製造装置の構成例を示す図である。この材料製造装置は、チャンバ31内に基板1を保持するためのホルダ32が設けられ、チャンバ31内を所定の雰囲気、温度、圧力に設定した状態で、光源装置21を駆動し、光源装置21からの2種類の光により基板1上に形成されている半導体層2を溶融し、結晶化するようになっている。

【0013】このような構成の光源装置21およびそれを用いた材料製造装置では、光源装置21の制御部24により、第1の光源22および第2の光源23を駆動制御する。これにより、第1の光源22から出射された光エネルギー ($h\nu_1$) の光は、ビームスプリッタ26を介して半導体層2に入射する。半導体層2のエネルギーバンドギャップ E_g よりも、光エネルギー ($h\nu_1$) が十分に大きいものであれば、この光エネルギー ($h\nu_1$) の光の照射によって、半導体層2の光入射側の最表面3を溶融することができる。また、第2の光源23から出射された光エネルギー ($h\nu_2$) の光は、ミラー25、ビームスプリッタ26を介して、半導体層2に入射する。この光エネルギー ($h\nu_2$) が $h\nu_1 > h\nu_2 \geq E_g$ を満たす大きさのものであれば、この光エネルギー ($h\nu_2$) の光の照射によって、半導体層2の内部を溶融することができる。

【0014】この際、制御部24が第1の光源22および第2の光源23を同時に駆動する場合には、光エネルギー ($h\nu_1$) の光と光エネルギー ($h\nu_2$) の光とは、半導体層2を同時に照射し、最表面が溶融した状態と内部が溶融した状態とを同時に実現することができ、半導体層2全体を基板1の近傍まで均一に結晶化することができる。また、制御部24が第1の光源22および第2の光源23を所定の時間差をもって駆動する場合には、光エネルギー ($h\nu_1$) の光と光エネルギー ($h\nu_2$) の光とは、半導体層2を時間差をもって照射し、内部が溶融した状態と最表面が溶融した状態とを所定の時間をずらして実現することができる。

【0015】実際に、基板1上に半導体層2を形成し、この半導体層2を図5の材料製造装置によって溶融化し、結晶化した。ここで、基板1としては、石英基板を用い、この石英基板1上に、LPCVD法により100 SCCMのSi₂H₆ガス雰囲気、温度550℃、圧力0.5 torrの条件下で、半導体層2として、アモルファスシリコン膜(a-Si膜)を1000Åの厚さに形成

した。このアモルファスシリコン膜のエネルギーバンドギャップ E_g は、光学測定法で測定した結果、1.4 eVであった。

【0016】このようにして基板1上に半導体層2を形成後、光源装置21を駆動して半導体層2のアニールを行なった。ここで、第1の光源22としては、波長が248 nm、光エネルギー($h\nu_1$)が約5 eVの光を出射するKrFエキシマレーザを用い、また第2の光源23としては、波長が515 nm、光エネルギー($h\nu_2$)が約2.4 eVの光を出射するArレーザを用いた。また、第1の光源22の駆動条件、すなわち光エネルギー($h\nu_1$)の照射条件については、これをパルス幅10 n秒、繰返し周波数10 Hz、エネルギー強度100 mJ/cm²とし、このパルス光を10ショット照射した。また、第2の光源23の駆動条件、すなわち光エネルギー($h\nu_2$)の照射条件については、第1の光源22と同期させて、パルス幅10 μ 秒、エネルギー強度1 mJ/cm²とした。

【0017】図6は本発明に係る光源装置の第2の実施例の構成図である。この第2の実施例の光源装置51は、光エネルギー($h\nu_1$)の光を出射する光源52と、光源52からの光エネルギー($h\nu_1$)の光を分割するビームスプリッタ53と、ビームスプリッタ53を介して光エネルギー($h\nu_1$)の光が入射するとき、これを光エネルギー($h\nu_1$)の光に波長変換する波長変換素子54と、光源52の駆動制御を行なう制御部55と、ミラー56、57と、ビームスプリッタ58とを有している。ここで、光源52としては、例えば、波長 λ が860 nm、光エネルギー($h\nu_1$)が約1.4 eVの半導体レーザが用いられ、また、波長変換素子54としては、例えばLiNbO₃結晶等の第2高調波発生素子が用いられ、第2高調波発生素子が用いられる場合、波長 λ が430 nm、光エネルギー($h\nu_1$)が約2.9 eVの第2高調波を発生させることができる。

【0018】図7は図6の光源装置51を用いた材料製造装置の構成例を示す図である。この材料製造装置は、図5の材料製造装置と同様に、チャンバ31内に基板1を保持するためのホルダ32が設けられ、チャンバ31内を所定の雰囲気、温度、圧力に設定した状態で、光源装置51を駆動し、光源装置51からの2種類の光により基板1上に形成されている半導体層2を溶融し、結晶化するようにしている。

【0019】このような構成の光源装置51およびそれを用いた材料製造装置では、光源装置51の制御部55により、光源52を駆動制御する。これにより、光源52から出射された光エネルギー($h\nu_1$)の光は、ビームスプリッタ53により分割され、一方は、ミラー56、ビームスプリッタ58を介して光エネルギー($h\nu_1$)の光として半導体層2に入射する。また、ビームスプリッタ53で分割された他方の光は、波長変換素子5

4により短波長変換されてミラー57、ビームスプリッタ58を介し光エネルギー($h\nu_2$)の光として半導体層2に入射する。波長変換素子54からの光の光エネルギー($h\nu_2$)が半導体層2のエネルギーバンドギャップ E_g よりも十分に大きいものであれば、この光エネルギー($h\nu_2$)の光の照射によって、半導体層2の光入射側の最表面3を溶融することができる。また、光源52からミラー56、ビームスプリッタ58を介して半導体層2に入射する光の光エネルギー($h\nu_1$)が $h\nu_1 > h\nu_2 \geq E_g$ の関係を満たす大きさのものであれば、この光エネルギー($h\nu_1$)の光の照射によって、半導体層2の内部を溶融することができる。

【0020】図6、図7の構成では、制御部55が光源52を駆動するとき、光エネルギー($h\nu_1$)の光と光エネルギー($h\nu_2$)の光とはほぼ同時に射出され、従って、半導体層2をほぼ同時に照射し、最表面が溶融した状態と内部が溶融した状態とを同時に実現することができる。これにより、半導体層2全体を基板1の近傍まで均一に結晶化することができる。

20 【0021】実際に、基板1上に半導体層2を形成し、この半導体層2を図7の材料製造装置によって溶融化し、結晶化した。ここで、基板1としては、シリコン(Si)ウェハー上に500 Åの膜厚の熱酸化膜が形成された基板を用い、この基板1上に、LPCVD法により300 SCCMのSiH₄ガス雰囲気、温度630 °C、圧力0.1 torrの条件下で、半導体層2として、ポリシリコン膜を500 Åの厚さに形成した。このポリシリコン膜のエネルギーバンドギャップ E_g は、光学的測定法で測定した結果、1.2 eVであった。

30 【0022】このようにして基板1上に半導体層2を形成後、光源装置51を駆動して半導体層2のアニールを行なった。

【0023】ここで、光源52としては、波長が860 nm、光エネルギー($h\nu_1$)が1.4 eVの光を出射するエネルギー強度5 mW/cm²の半導体レーザを用い、また、波長変換素子54としては、LiNbO₃結晶からなる第2高調波発生素子を用いた。また、半導体レーザの駆動条件、すなわち光エネルギー($h\nu_1$)の照射条件については、これを、パルス幅10 μ 秒のものとし、このパルス光を10'から10'ショットで半導体層2に照射した。また、波長変換素子54から出射する光エネルギー($h\nu_2$)の照射条件は、光エネルギー($h\nu_2$)の光の照射条件に従っており、光エネルギー($h\nu_2$)の光と完全に同期しており、パルス幅が10 μ 秒であり、光エネルギー($h\nu_2$)の光とほぼ同時に半導体層2に照射した。

【0024】なお、図6、図7に示す例では、光エネルギー($h\nu_1$)の光と光エネルギー($h\nu_2$)の光とはほぼ同時に半導体層2を照射するよう構成されているが、光源装置を図8に示すような構成とすることにより、こ

れら2種類の光を時間差をもって照射することができる。すなわち、図8の構成例では、図6の光源装置において、ビームスプリッタ53とミラー56との間に、光変調器または光スイッチ63が設けられ、また、ビームスプリッタ53と波長変換素子54との間に、光変調器または光スイッチ64が設けられている。光変調器または光スイッチ63、64は、光源52から図9(a)に示すような光パルスが所定の時間間隔Tで出射されこれがビームスプリッタ56で分割されたときに、各光パルスを所定の時間差 τ でスイッチングして、図9(b)に示すような光パルスと図9(c)に示すような光パルスとを生成する機能を有している。この場合、図9(b)に示すような光パルスを光エネルギー($h\nu_1$)の光としてミラー56、ビームスプリッタ58を介して半導体層2に入射させ、また、図9(c)に示すような光パルスを波長変換素子54に入射させ、波長変換素子54から光エネルギー($h\nu_2$)の光を出射させてミラー57、ビームスプリッタ58を介して半導体層2に入射させることができる。従って、図8のように構成することにより、光エネルギー($h\nu_1$)の光と光エネルギー($h\nu_2$)の光とを時間差 τ をもって半導体層2に入射させることができる。

【0025】また、上述の各実施例において、シリコン(Si)が溶融状態になったときの不純物の拡散係数は、固相の場合と比較して、5~7桁程度上昇する。すなわち、シリコン(Si)の溶融領域では、不純物は、極めて短い時間(n秒~ μ 秒)で拡散する。これによって、半導体層(シリコン層)2を基板1の近傍まで均一に結晶化することができることに伴って、不純物をも基板1の近傍まで均一に拡散させることができる。

【0026】

【発明の効果】以上に説明したように、請求項1乃至6記載の発明によれば、所定の材料を光照射して該材料を溶融し結晶化するのに用いられる光源装置であって、前記材料のエネルギーギャップよりも大きな複数種類の光エネルギーの光を出射するようになっているので、半導体などの材料を均一かつ良好に結晶化させ、また、安定性、信頼性良く結晶化させることができ、さらには、これに付随して均一かつ良好な不純物拡散を行なうことができる。

【0027】特に、請求項3記載の発明によれば、光源からの光と、該光源からの光を波長変換素子で波長変換した結果の光とにより、複数種類の光エネルギーの光を発生させるようにしているので、複数種類の光源を別個に設ける必要がなく、光源装置を小型に維持しつつ、材

料を溶融して結晶化するのに必要な複数種類の光エネルギーの光を出射することができる。

【0028】また、請求項6記載の発明によれば、複数種類の光エネルギーの光を光源装置から所定の時間差をもって出射させ、該複数種類の光エネルギーの光を前記材料に所定の時間差をもって照射することにより、より均一な結晶粒を得ることができ、より均一な結晶化を行なうことができ、またこれに付随して、より均一な不純物拡散を行なうことができる。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の結晶化を説明するための図である。

【図2】従来の結晶化を説明するための図である。

【図3】(a)乃至(d)は2種類の光を時間差をもって照射するときの結晶化の様子を示す図である。

【図4】本発明に係る光源装置の第1の実施例の構成図である。

【図5】図4の光源装置を用いた材料製造装置の構成例を示す図である。

【図6】本発明に係る光源装置の第2の実施例の構成図である。

【図7】図6の光源装置を用いた材料製造装置の構成例を示す図である。

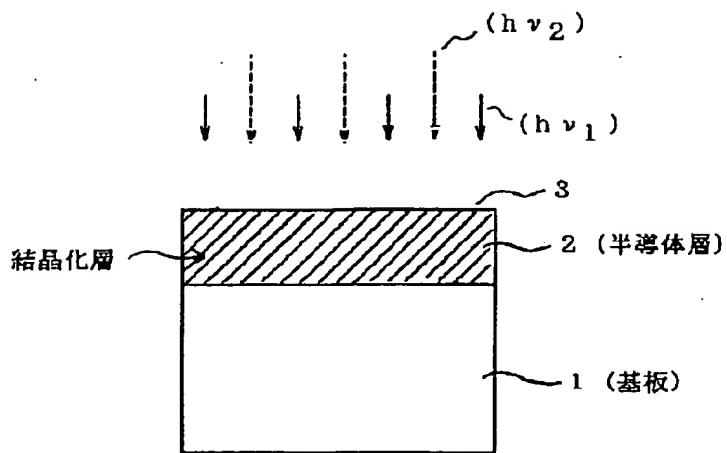
【図8】図6の光源装置の変形例を示す図である。

【図9】(a)乃至(c)は図8の光源装置で生成される光パルスを示す図である。

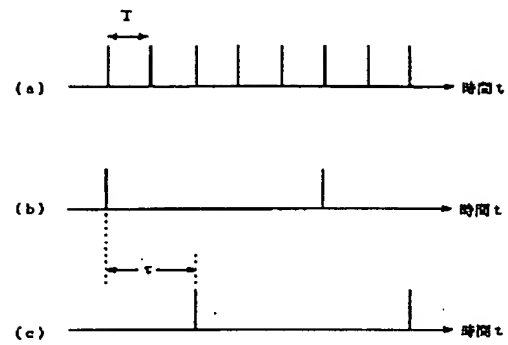
【符号の説明】

1	基板
2	材料(半導体層)
3	材料の最表面
30	21, 51 光源装置
22	第1の光源
23	第2の光源
24	制御部
25	ミラー
26	ビームスプリッタ
31	チャンバ
32	ホルダ
52	光源
53	ビームスプリッタ
40	54 波長変換素子
55	制御部
56, 57	ミラー
58	ビームスプリッタ
63	光変調器または光スイッチ

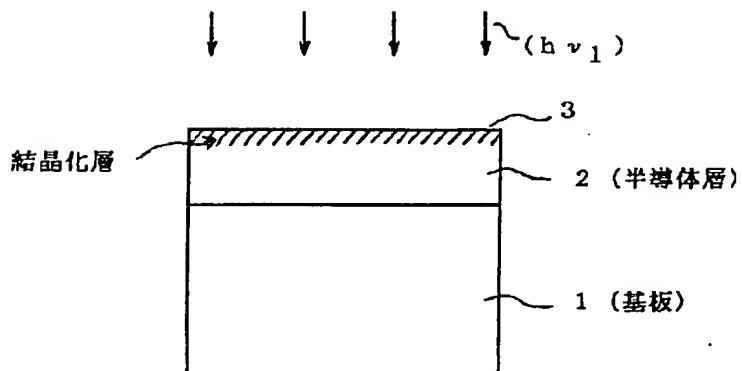
【図1】



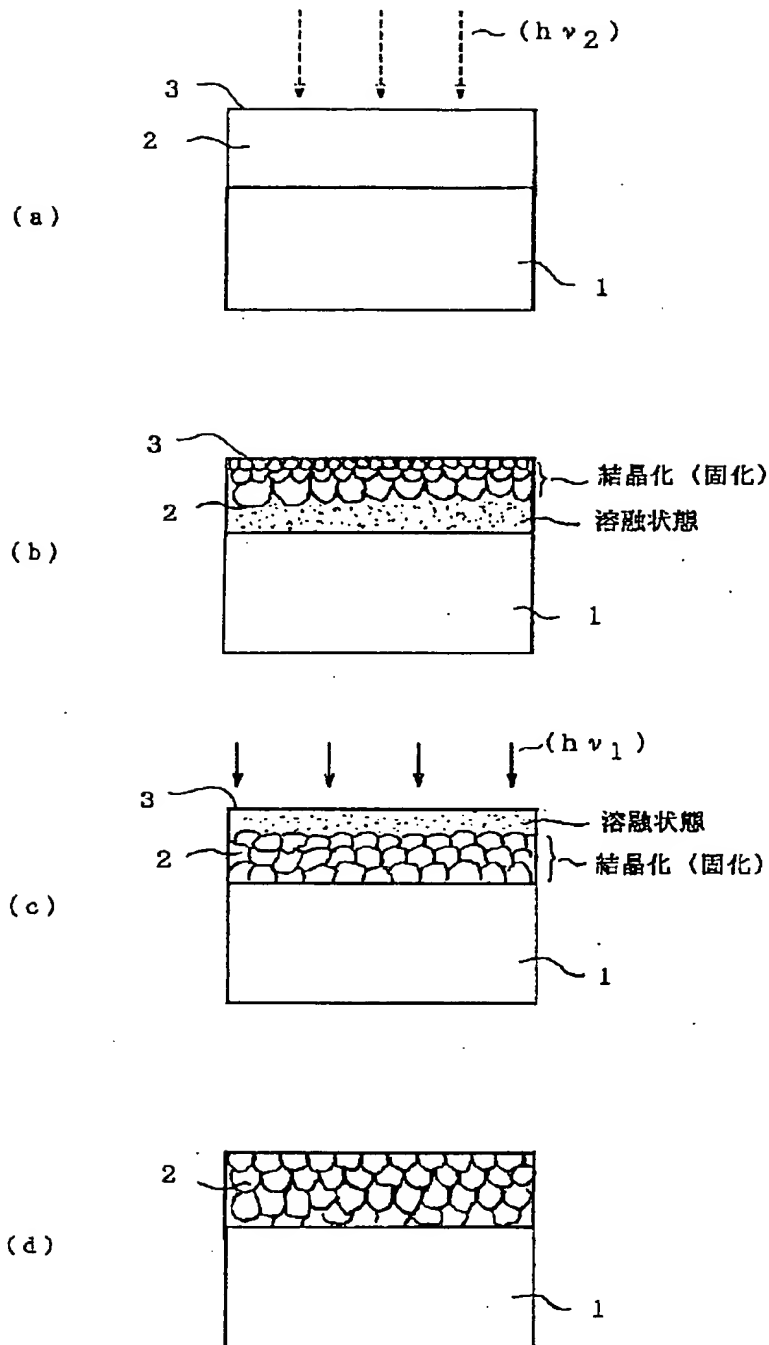
【図9】



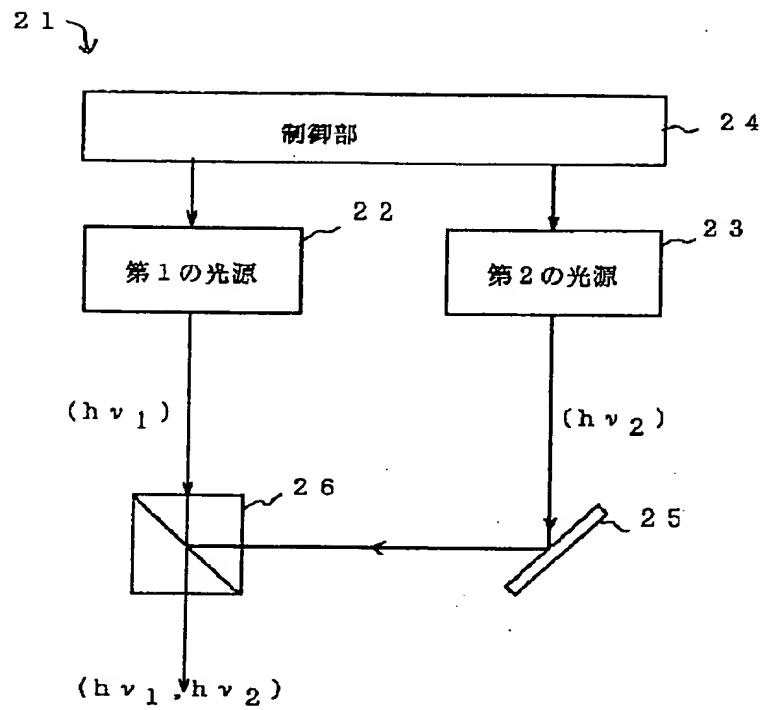
【図2】



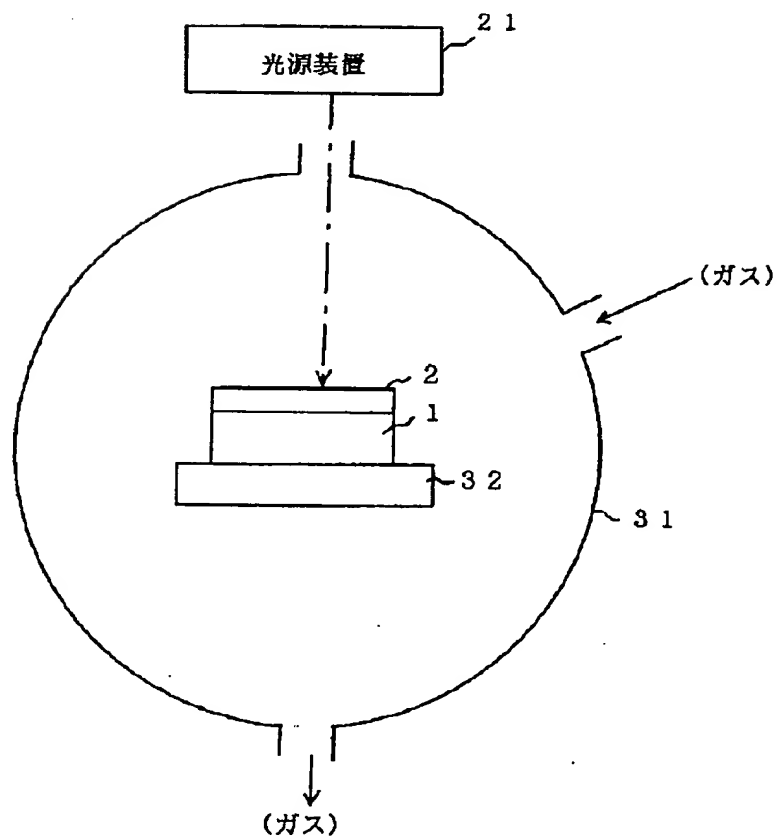
【図3】



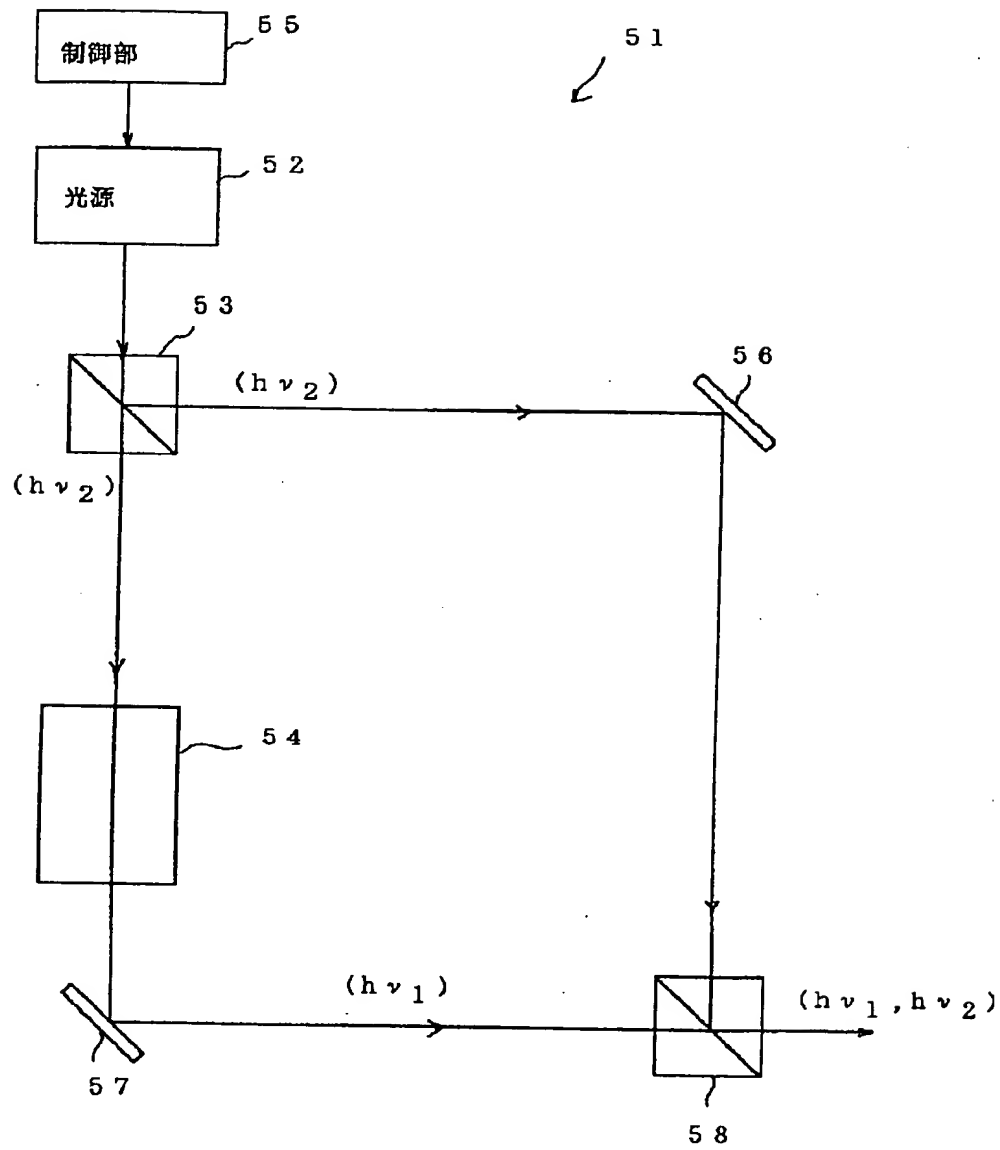
【図4】



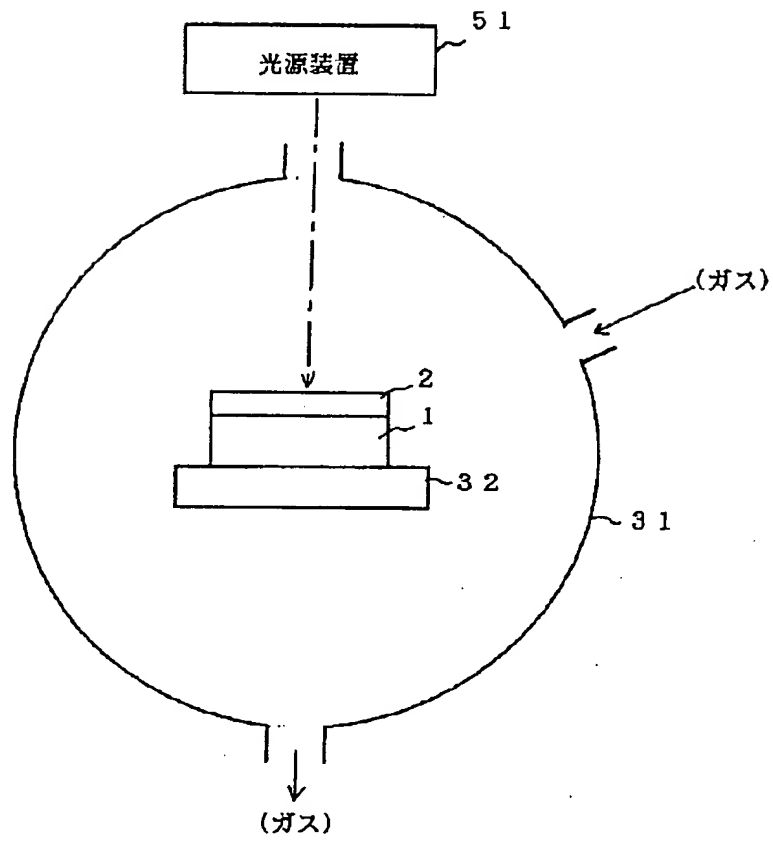
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

